



⑬ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 197 05 098 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**F 16 H 21/14**  
H 01 H 33/42  
H 01 H 31/02  
// H02B 1/16

⑲ Aktenzeichen: 197 05 098.0  
⑳ Anmeldetag: 31. 1. 97  
㉑ Offenlegungstag: 6. 8. 98

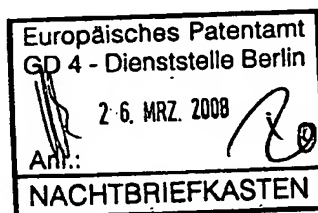
DE 197 05 098 A 1

⑦ Anmelder:  
Siemens AG, 80333 München, DE

⑧ Erfinder:  
Schöne, Oliver, 14167 Berlin, DE

⑤⑤ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

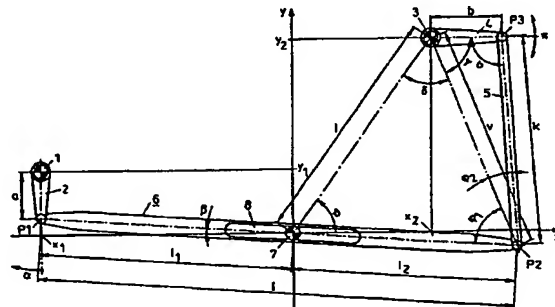
DE	42 24 593 C2
DE	39 06 786 C2
DE-PS	88 154
DE	31 26 745 A1
US	44 29 199



Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ Hebelgetriebe zur Übertragung eines Drehmomentes

⑤⑦ Ein bekanntes Hebelgetriebe zur Übertragung eines Drehmomentes von einer ersten Achse (1) auf eine zweite Achse (3), das einen ersten einarmigen Hebel (2), eine Koppelstange (5) und einen zweiten einarmigen Hebel (4) aufweist, wird zur Optimierung der Antriebsleistung dadurch modifiziert, daß zwischen den ersten einarmigen Hebel (1) und die Koppelstange (5) ein zweiarmiger Hebel (6) mit variablem Hebelverhältnis ( $l_1/l_2$ ) eingefügt wird. Ein solches Hebelgetriebe kann in Hochspannungsschaltern als Antriebsmechanismus für den beweglichen Kontakt Verwendung finden.



DE 197 05 098 A 1

Die Erfindung liegt auf dem Gebiet der mechanischen Getriebe und befaßt sich mit der konstruktiven Ausgestaltung eines Hebelgetriebes, das zur Übertragung eines Drehmomentes von einer ersten Achse auf eine parallel dazu angeordnete zweite Achse dient und vorzugsweise als Antriebsmechanismus für den beweglichen Schaltkontakt eines Hochspannungsschalters verwendet wird.

Hebelgetriebe zur Übertragung eines Drehmomentes von einer ersten Achse auf eine parallel dazu angeordnete zweite Achse bestehen im einfachsten Fall aus einem ersten einarmigen, auf der Antriebswelle der ersten Achse fixierten Hebel, einem zweiten, einarmigen, auf der angetriebenen Welle der zweiten Achse fixierten Hebel und einer die beiden Hebel verbindenden Koppelstange. Derartige Hebelgetriebe werden u. a. zum Antrieb des beweglichen Schaltstückes von Trenn- und Erdungsschaltern in gekapselten Hochspannungsschaltanlagen verwendet (DE 31 26 745 A1, US 4,429,199 A, Teile 32, 33, 43 und 44). Zur Umsetzung der Drehbewegung des zweiten Hebels in die Bewegung des Schaltstückes ist häufig ein weiteres Getriebeelement erforderlich, beispielsweise eine Kulissenführung oder eine weitere Koppelstange (Prospekt 42 B1 "SF<sub>6</sub>-Outdoorcircuit breakers 72,5 to 420 kV" der Fa. Sprecher & Schuh AG, Druck-Zeichen 2.257 c/1.83/52/6, Seite 4). Bei derartigen Hebelgetrieben ergibt sich ein sinusförmiger Verlauf der Drehmomentkoppelung in Abhängigkeit vom Drehwinkel der Antriebswelle, wobei das Übersetzungsverhältnis zwischen dem antreibenden Drehmoment und dem resultierenden Drehmoment an der Abtriebswelle durch das Längenverhältnis der beiden Hebel bestimmt ist. Die größte Krafteinwirkung auf das bewegbare Schaltstück erfolgt dabei wegen der elektrischen und der daraus resultierenden geometrischen Randbedingungen der Schaltstrecke häufig vor der eigentlichen Kontaktgabe bzw. nach der eigentlichen Kontakttrennung.

Ausgehend von einem Getriebe mit den Merkmalen des Oberbegriffes des Patentanspruches 1 liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, die Drehmomentkoppelung zwischen antreibender und angetriebener Achse so zu gestalten, daß die Krafteinwirkung auf die angetriebene Achse an den Kraftbedarf des angetriebenen Elementes (z. B. eines Schaltstückes) besser angepaßt werden kann.

Zur Lösung dieser Aufgabe ist gemäß der Erfindung vorgesehen, daß die Koppelstange und der erste einarmige Hebel über einen zweiarmigen Hebel miteinander verbunden sind, der ein von der Stellung des ersten einarmigen Hebels abhängiges Hebelverhältnis aufweist.

Die gemäß der Erfindung vorgesehene Zwischenschaltung eines zweiarmigen Hebels mit einem von der Stellung des ersten einarmigen Hebels abhängigen Hebelverhältnis hat einerseits die Wirkung eines Multiplikators auf die am zweiten Hebel angreifende Kraft, wobei das Hebelverhältnis praktisch den Wertebereich 1 bis 10 umfassen kann. Ein solcher Wertebereich läßt sich durch eine im Mittelteil des zweiarmigen Hebels angeordnete kulissenartige Führung und einen ortsfesten Führungsstift erreichen, also beispielsweise durch eine lineare Führung in Form eines Langloches, mit der der zweiarmige Hebel auf einem den Drehpunkt des Hebels bildenden Führungsstift aufsitzt. Die Zwischenschaltung des zweiarmigen Hebels ermöglicht andererseits, die maximale Krafteinwirkung auf den angetriebenen, also den zweiten einarmigen Hebel bezüglich seines Drehwinkels derart zu verschieben, daß das maximale Drehmoment mit dem maximalen Hebelkraftbedarf des bewegten Teiles (Schaltstückes) möglichst übereinstimmt. Demzufolge ermöglicht das neue Hebelgetriebe eine bessere Ausnutzung der Antriebsenergie, gegebenenfalls eine kleinere Dimensionierung des eigentlichen Antriebes.

Wenn man ein derartiges Hebelgetriebe in ein rechtwinkliges Koordinatensystem einzeichnet und den Drehpunkt des ersten einarmigen Hebels in den Ursprung und den Drehpunkt des zweiten einarmigen Hebels in den zweiten oder dritten Quadranten legt, dann würde die Bewegungskurve des zweiten einarmigen Hebels im ersten oder vierten Quadranten liegen.

Unter Berücksichtigung der geometrischen Beziehungen zwischen den einzelnen Elementen des Hebelgetriebes stehen das Antriebsdrehmoment und das Abtriebsdrehmoment zueinander in einer mathematischen Beziehung, wie sie im Patentanspruch 4 angegeben ist. Diese Beziehung läßt deutlich die zusätzliche Abhängigkeit des Abtriebsdrehmomentes von dem sich ändernden Hebelverhältnis  $l_1/l_2$  des zweiarmigen Hebels und von durch die Einfügung des zweiarmigen Hebels zusätzlich relevanten Winkeln  $\beta$ ,  $\varphi_1$  und  $\varphi_2$  erkennen. Durch unterschiedliche Wahl dieser Parameter kann das Maximum des Abtriebsdrehmomentes einerseits vergrößert und andererseits zu einem anderen Drehwinkel der Abtriebswelle hin verschoben werden.

Ein Ausführungsbeispiel des neuen Hebelgetriebes ist in

Fig. 1 schematisch dargestellt. Weiterhin zeigt

Fig. 2 ein Diagramm mit Bewegungskurven für die drei Gelenkpunkte eines solchen Hebelgetriebes und

Fig. 3 ein Diagramm mit drei verschiedenen Kurven für das am Polhebel eines Trennschalters einer Hochspannungsschaltanlage zur Verfügung stehende Drehmoment in Abhängigkeit vom Drehwinkel dieses Polhebels.

Gemäß Fig. 1 ist das Hebelgetriebe in ein rechtwinkliges x-y-Koordinatensystem eingezeichnet. Die Achse 1 der Antriebswelle liegt im zweiten Quadranten. Auf dieser Achse ist der Antriebshebel 2 angeordnet, dessen Länge a beträgt, der in Umfangsrichtung der Welle angetrieben wird und dabei einen Drehwinkel  $\alpha$  überstreicht. Im Koppelpunkt P<sub>1</sub> ist der zweiarmige Hebel 6 angelenkt, dessen Drehpunkt 7 im Koordinatenursprung liegt und an dessen anderes Ende im Punkt P<sub>2</sub> die Koppelstange 5 angelenkt ist. Diese ist andererseits an den Abtriebshebel 4 angelenkt, der auf einer Welle, beispielsweise der Polwelle eines Schalters, mit der Achse 3 befestigt ist, eine Länge b aufweist und bei Drehung des Antriebshebels 2 eine hin- und hergehende Drehbewegung mit dem Drehwinkel  $\pi$  ausführt. – Der zweiarmige Hebel 6 enthält im mittleren Bereich seiner Länge eine lineare Führung in Form eines Langloches 8, in die ein als Drehpunkt dieses Hebels ausgebildeter Stift 7 eingreift. Die Länge des Hebels 6 ist mit l bezeichnet und die Abstände der Koppelpunkte P<sub>1</sub> und P<sub>2</sub> vom Führungsstift bzw. Drehpunkt 7 mit l<sub>1</sub> und l<sub>2</sub>.

In die Fig. 1 sind verschiedene Abstände und Winkel eingetragen, die der Berechnung des Hebelsystems dienen und die nachfolgend aufgelistet sind. Es bedeuten

x<sub>1</sub>, y<sub>1</sub> Koordinaten der Antriebswelle

x<sub>2</sub>, y<sub>2</sub> Koordinaten der Abtriebswelle/Polwelle

P<sub>1</sub> Gelenkpunkt 1 (Antriebshebel/zweiarmiger Hebel)

$P_2$  Gelenkpunkt 2 (zweiarmiger Hebel/Koppelstange)  
 $P_3$  Gelenkpunkt 3 (Koppelstange/Abtriebshebel)  
 $\alpha$  Drehwinkel des Antriebshebels  
 $\beta$  Drehwinkel des zweiarmigen Hebels  
 $\pi$  Drehwinkel des Abtriebshebels (Polhebel) 5  
 $\gamma$  Winkel zwischen Abtriebshebel und Abstand  $v$   
 $\delta$  Winkel zwischen Abstand  $v$  und Abstand  $t$   
 $\varphi_1$  Winkel zwischen zweiarmigem Hebel und Abstand  $v$   
 $\varphi_2$  Winkel zwischen Abstand  $v$  und Koppelstange  
 $\sigma$  Winkel zwischen Abtriebshebel und Koppelstange 10  
 $\theta$  Winkel für Polarkoordinaten von Abstand  $t$  (konstant)  
 $a$  Länge des Antriebshebels  
 $b$  Länge des Abtriebshebels/Polhebels  
 $l$  Länge des zweiarmigen Hebels  
 $l_1$  Längenanteil des zweiarmigen Hebels zum Gelenkpunkt 1 15  
 $l_2$  Längenanteil des zweiarmigen Hebels zum Gelenkpunkt 2  
 $k$  Länge der Koppelstange/Abstand zwischen Gelenkpunkt 2 und Gelenkpunkt 3  
 $v$  Abstand zwischen Drehpunkt Abtriebshebel und Gelenkpunkt 2 (variabel)  
 $t$  Abstand zwischen Drehpunkt Abtriebshebel und Führungsstift (konstant).  
 Unter Berücksichtigung der geometrischen Zusammenhänge zwischen diesen Abständen und Winkeln ergibt sich für 20  
 das am Koppelpunkt  $P_3$  zur Verfügung stehende Drehmoment  $M_{dp}$  in Abhängigkeit von dem am Koppelpunkt  $P_1$  einge-  
 speisten Drehmoment  $M_{da}$  folgende Beziehung:

$$M_{dp} = M_{da} \cdot \frac{b}{a} \cdot \frac{l_1}{l_2} \cdot \sin \sigma [\cos \alpha \cdot \cos(\varphi_1 + \varphi_2 - \beta) + \sin \alpha \cdot \sin(\varphi_1 + \varphi_2 - \beta)]. \quad 25$$

Für einzelne Parameter dieser Formel gelten die im Patentanspruch 4 angegebenen Gleichungen.

Für ein Hebelgetriebe mit den Koordinaten

$x_1, y_1 = -300, +50$  30

$x_2, y_2 = +60, +300$  und den Hebellängen

$a = 71 \text{ mm}$ ,

$b = 150 \text{ mm}$  und

$l = 430 \text{ mm}$

erhält man die in Fig. 2 dargestellten Bewegungskurven Bk1, Bk2 und Bk3 für die Gelenkpunkte  $P_1, P_2$  und  $P_3$ . 35

Fig. 3 zeigt drei Kurven, die Drehmomentverläufe am Koppelpunkt  $P_3$  in Abhängigkeit vom Drehwinkel  $\pi$  des Abtriebshebels/Polhebels 4 darstellen. Dabei ist angenommen, daß der Antriebshebel  $a$  einen Winkel von  $360^\circ$  überstreicht; die Winkelstellungen des Antriebshebels  $a$  sind dabei in Stufen von  $15^\circ$  auf der jeweiligen Kurve markiert.

Die Kurve  $H_0$  zeigt den Drehmomentverlauf für ein Hebelgetriebe, das ohne einen zweiarmigen Hebel mit veränderlichem Hebelverhältnis arbeitet, während die Kurven  $H_1$  und  $H_2$  Drehmomentverläufe für Hebelgetriebe mit einem zweiarmigen Hebel mit veränderlichem Hebelverhältnis zeigen. Bei der Kurve  $H_0$  wird das maximale Drehmoment ungefähr bei der Winkelstellung  $\alpha = 60^\circ$  erzielt; dieser Punkt wird bei knapp der Hälfte des gesamten Poldrehwinkels  $\pi$  erreicht. 40

Bei der Kurve  $H_1$  liegt das Maximum des Abtriebsdrehmomentes etwa ebenfalls im mittleren Bereich der Schwenkbewegung des Polhebels 4, ist jedoch stärker ausgeprägt; bei der Kurve  $H_2$  ist das ausgeprägte Maximum des Drehmomentes sehr nahe an den einen Umkehrpunkt der Schwenkbewegung des Polhebels 4 gerückt. Diese Verschiebung resultiert allein aus einer Veränderung, hier einer Verkleinerung der x-Koordinate des Drehpunktes der Polwelle 3. 45

#### Patentansprüche

1. Getriebe zur Übertragung eines Drehmomentes von einer ersten Achse auf eine parallel dazu angeordnete zweite Achse unter Verwendung eines Hebelmechanismus, der einen ersten einarmigen, auf der Antriebswelle der ersten Achse fixierten Hebel, einen zweiten einarmigen, auf der angetriebenen Welle der zweiten Achse fixierten Hebel und eine die beiden Hebel verbindende Koppelstange aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Koppelstange (5) und der erste einarmige Hebel (2) über einen zweiarmigen Hebel (6) miteinander verbunden sind, der ein von der Stellung des ersten einarmigen Hebels (2) abhängiges Hebelverhältnis ( $l_1/l_2$ ) aufweist. 50
2. Getriebe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der zweiarmige Hebel (6) im Bereich seines Drehpunktes (7) mit einer linearen Führung in Form eines Langloches (8) versehen ist. 55
3. Getriebe nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß in einem rechtwinkligen Koordinatensystem ( $x, y$ ) der Drehpunkt (7) des zweiarmigen Hebels im Ursprung liegt, der Drehpunkt (1) des ersten einarmigen Hebels (2) im zweiten oder dritten Quadranten liegt und die Bewegungskurve des zweiten einarmigen Hebels (4) im ersten oder vierten Quadranten liegt. 60
4. Getriebe nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Antriebsdrehmoment ( $M_{da}$ ) und das Abtriebsdrehmoment ( $M_{dp}$ ) in Abhängigkeit von der geometrischen Zuordnung der Hebel (2, 4, 6) zueinander in folgender Beziehung stehen: 65

$$M_{\phi} = M_{as} \cdot \frac{b}{a} \cdot \frac{l_1}{l_2} \cdot \sin \sigma [\cos \alpha \cdot \cos(\varphi_1 + \varphi_2 - \beta) + \sin \alpha \cdot \sin(\varphi_1 + \varphi_2 - \beta)]$$

5

mit

$$\begin{aligned} l_1 &= \sqrt{(x_1 - a \cdot \sin \alpha)^2 + (y_1 - a \cdot \cos \alpha)^2}, \\ l_2 &= l - l_1, \\ v &= \sqrt{[(l_2 \cdot \cos \beta) - x_2]^2 + [y_2 - (l_2 \cdot \sin \beta)]^2}, \\ \tan \beta &= \frac{y_1 - a \cdot \cos \alpha}{x_1 - a \cdot \sin \alpha}, \\ \cos \varphi_1 &= \frac{v^2 + l_2^2 - t^2}{2 \cdot v \cdot l_2}, \\ \cos \varphi_2 &= \frac{v^2 + k^2 - t^2}{2 \cdot v \cdot k} \text{ und} \\ \cos \sigma &= \frac{b^2 + k^2 - v^2}{2 \cdot b \cdot k}. \end{aligned}$$

25

Darin bedeuten

$x_1, y_1$  Koordinaten der Antriebswelle

$x_2, y_2$  Koordinaten der Abtriebswelle/Polwelle

30

$P_1$  Gelenkpunkt 1 (Antriebshebel/zweiarmiger Hebel)

$P_2$  Gelenkpunkt 2 (zweiarmiger Hebel/Koppelstange)

$P_3$  Gelenkpunkt 3 (Koppelstange/Polhebel)

$\alpha$  Drehwinkel des Antriebshebels

$\beta$  Drehwinkel des zweiarmigen Hebels

35

$\varphi_1$  Winkel zwischen zweiarmigem Hebel und Abstand  $v$

$\varphi_2$  Winkel zwischen Abstand  $v$  und Koppelstange

$\sigma$  Winkel zwischen Polhebel und Koppelstange

$a$  Länge des Antriebshebels

$b$  Länge des Polhebels

40

$l$  Länge des zweiarmigen Hebels

$l_1$  Längenanteil des zweiarmigen Hebels zum Gelenkpunkt 1

$l_2$  Längenanteil des zweiarmigen Hebels zum Gelenkpunkt 2

$k$  Länge der Koppelstange/Abstand zwischen Gelenkpunkt 2 und Gelenkpunkt 3

$v$  Abstand zwischen Drehpunkt Polhebel und Gelenkpunkt 2 (variabel)

45

$t$  Abstand zwischen Drehpunkt Polhebel und Führungsstift (konstant).

5. Verwendung eines Getriebes nach einem der Ansprüche 1 bis 4 zum Antrieb des beweglichen Schaltstückes in einem Hochspannungsschalter, insbesondere in einem Trenn- oder Erdungsschalter.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

50

55

60

65

- Leerseite -



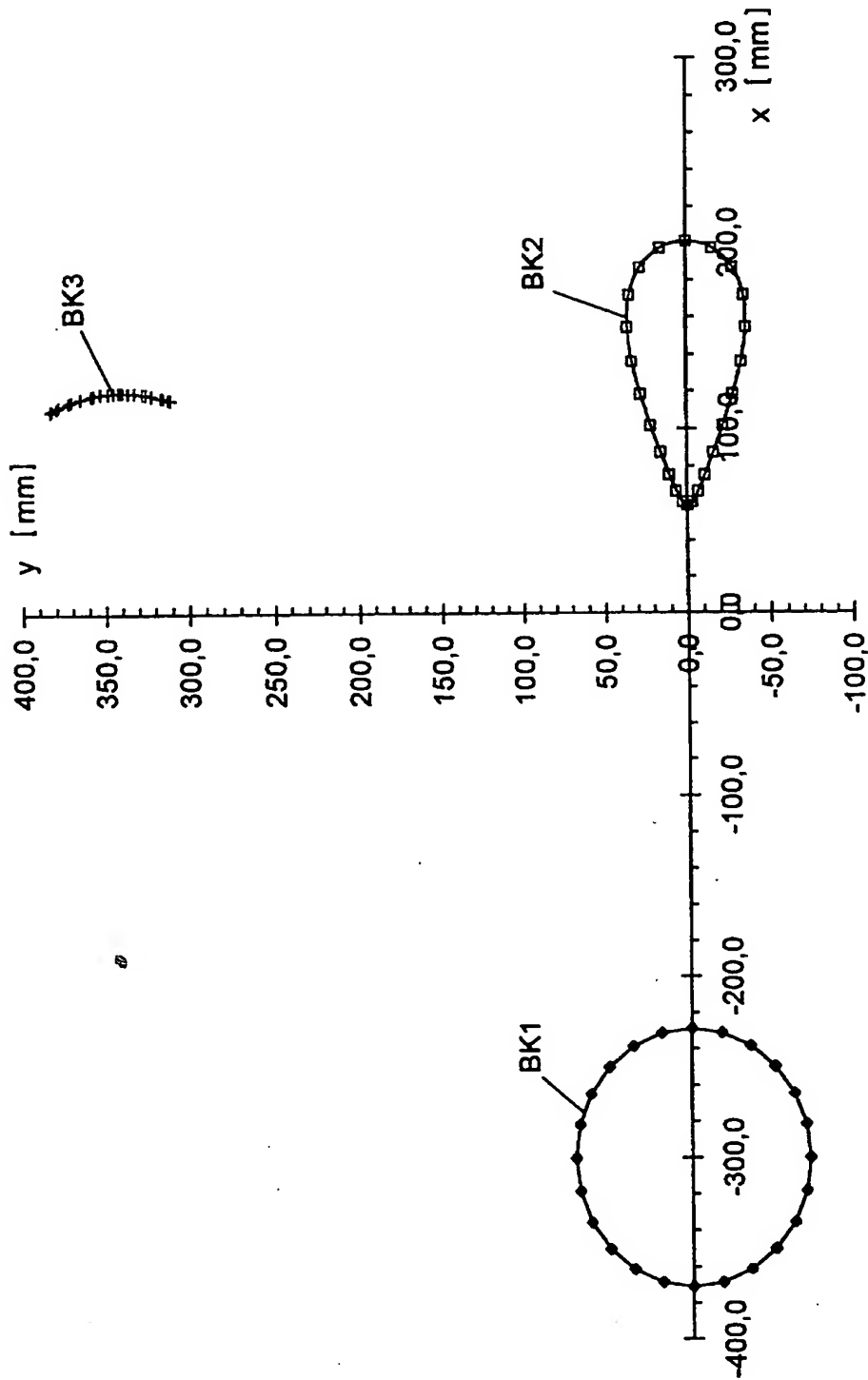


FIG 2

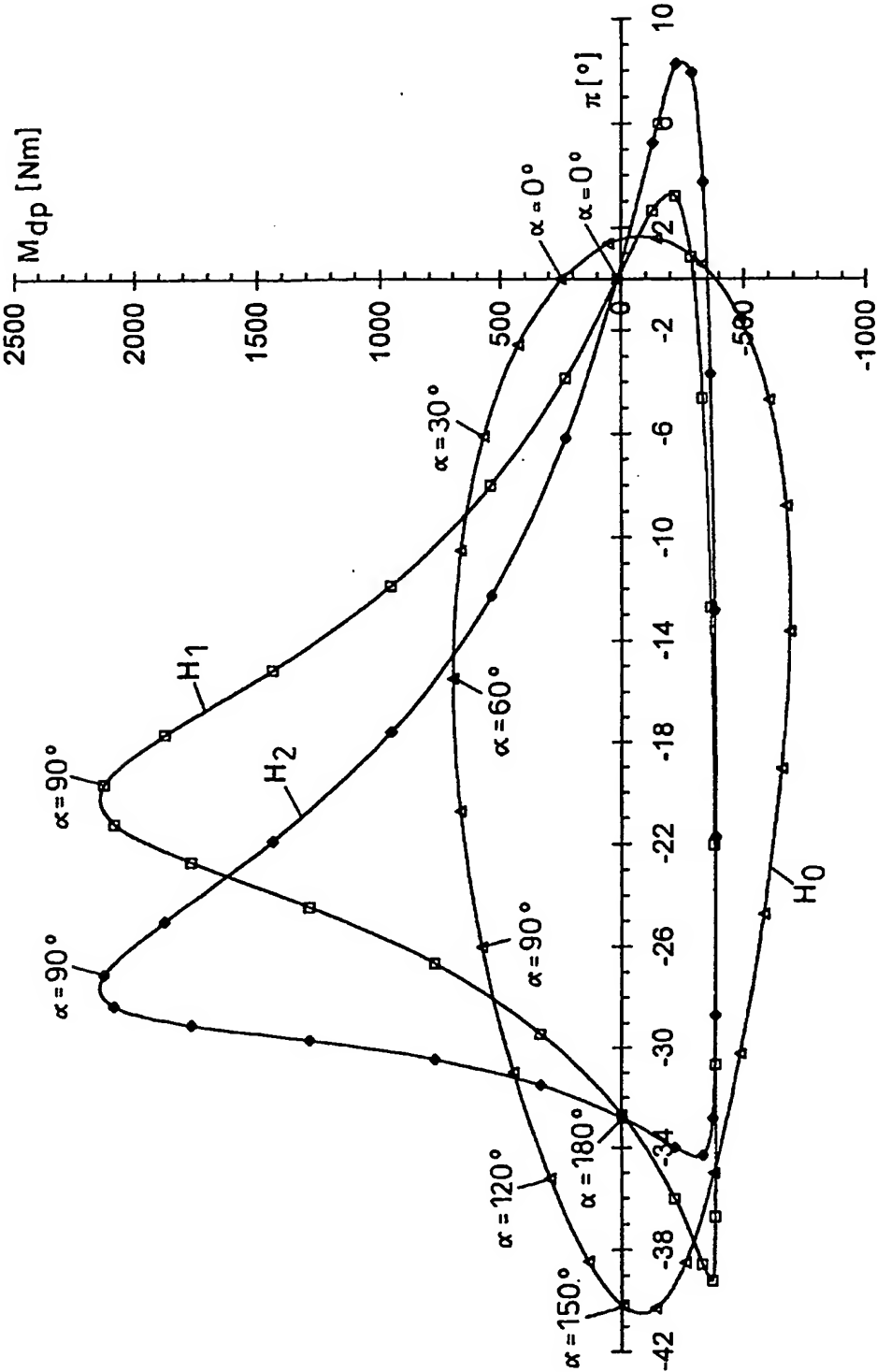


FIG 3